

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-058729

(43)Date of publication of application : 02.03.1999

(51)Int.Cl. B41J 2/045  
 B41J 2/055  
 B41J 2/205

(21)Application number : 09-216631 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

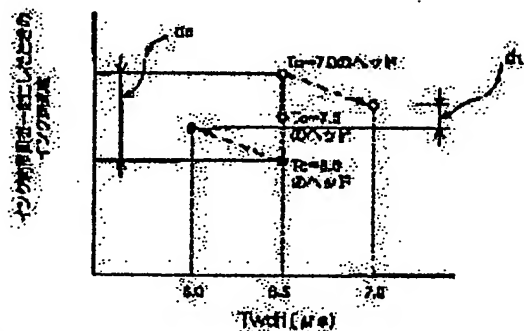
(22)Date of filing : 11.08.1997 (72)Inventor : YONEKUBO SHUJI  
 USUI HISAKI

## (54) INK JET RECORDER AND DRIVING SIGNAL ADJUSTMENT METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ink jet recorder where the velocity and weight of a micro dot ink droplets can be fixed even if the Helmholtz period for each recording head fluctuates.

**SOLUTION:** In recording heads whose Helmholtz period is large ( $T_c=8.0 \mu s$ ),  $T_{wd1}$  is adjusted to  $6.0 \mu s$ ,  $3/4$  of  $T_c$  and in recording heads whose Helmholtz period is small ( $T_c=7.0 \mu s$ ),  $T_{wd1}$  is adjusted to  $7.0 \mu s$ , equal to  $T_c$ , thereby increasing the velocity of ink droplets for, recording heads where  $T_c=8.0 \mu s$  and decreasing the velocity of ink droplets for those where  $T_c=7.0 \mu s$ . After that, by applying two different voltages, ink droplets are discharged from recording heads, the weight of discharged ink droplets is measured, and on the assumption that the weight of ink droplets changes linearly due to voltage, voltage is adjusted so that the weight of ink droplets of each head may be fixed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-58729

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月2日

(51) IntCl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/205

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A

1 0 3 X

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-216631

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月11日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

(72) 発明者 米窪 周二

長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 白井 寿樹

長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

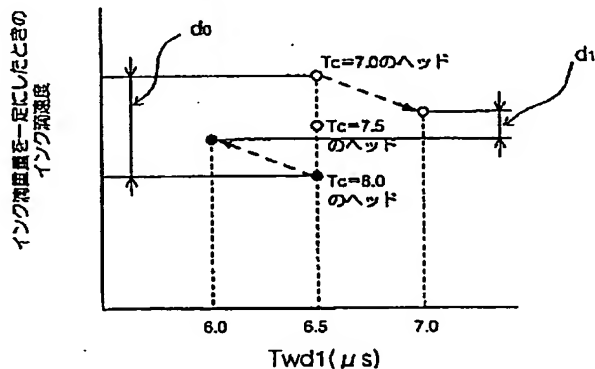
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録装置及びその駆動信号調整方法

(57) 【要約】

【課題】 記録ヘッド毎にヘルムホルツ周期がばらついても、マイクロドットのインク滴速度とインク滴重量を一定にすることができるインクジェット式記録装置を提供する。

【解決手段】 ヘルムホルツ周期が大きい ( $T_c = 8.0 \mu s$ ) 記録ヘッドでは  $T_{wd1}$  を  $T_c$  の  $3/4$  である  $6.0 \mu s$  に調整し、ヘルムホルツ周期が小さい ( $T_c = 7.0 \mu s$ ) 記録ヘッドでは  $T_{wd1}$  を  $T_c$  に等しい  $7.0 \mu s$  に調整する。これにより、 $T_c = 8.0 \mu s$  の記録ヘッドはインク滴の速度が大きくなり、 $T_c = 7.0 \mu s$  の記録ヘッドはインク滴の速度が小さくなる。その後、2点の違った電圧を印加することによって記録ヘッドからインク滴を吐出させ、それぞれの吐出されたインク滴重量を測定し、インク滴重量が電圧によって線形的に変化するものとみなして各ヘッドのインク滴重量が一定になるように電圧を調整する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧力発生手段を作動させることにより圧力発生室を収縮させてノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を膨張させる膨張信号と、前記ノズル開口からインク滴を吐出するように前記圧力発生室を収縮させる収縮信号とを含む駆動信号を前記圧力発生手段に出力する駆動手段と、

前記膨張信号の継続時間を変更することにより前記収縮信号で吐出されるインク滴の速度を調整する手段とを備え、

前記膨張信号によってインクのメニスカスが振動する記録ヘッド毎に固有の周期  $T_c$  が大きいほど前記膨張信号の継続時間を小さくすることを特徴とするインクジェット式記録装置。

【請求項 2】 前記膨張信号の継続時間は  $T_c$  と  $T_c$  の  $3/4$  との間で設定することを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置の駆動信号を調整する方法であって、

前記膨張信号によってインクのメニスカスが振動する記録ヘッド毎に固有の周期  $T_c$  を測定する工程と、

$T_c$  が大きいほど前記膨張信号の継続時間を小さくする工程とを含むことを特徴とするインクジェット式記録装置の駆動信号調整方法。

【請求項 4】 前記膨張信号の継続時間は  $T_c$  と  $T_c$  の  $3/4$  との間で設定することを特徴とする請求項 3 に記載のインクジェット式記録装置の駆動信号調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同一のノズルから異なる大きさのインク滴を吐出するインクジェット式記録ヘッドを備えるインクジェット式記録装置に関するものであり、特に微小のインク滴を吐出する駆動信号の調整方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】インクジェット式記録装置は、ホストコンピュータから送られた記録データを展開してなるドットパターンデータに基づいて、記録ヘッドの各ノズルからそれぞれ所定のタイミングでインク滴が吐出され、これらの各インク滴が記録用紙等の記録媒体の表面にドットを形成することにより記録を行う構成となっている。このようにインクジェット式記録装置は、インク滴を吐出するかしないか、つまりドットのオンオフ制御を行うものであるため、このままでは中間階調を記録出力することができない。

【0003】そこで、同一のノズルから異なる重量のインク滴を吐出させ階調表現を可能とする技術も提案されている。そのようなインクジェット式記録装置として、インクを収容した圧力発生室を膨張させてインクのメニ

スカスを大きく後退させてから圧力発生室を収縮させてインク滴を吐出させることによりノーマルドットを生成し、インクを収容した圧力発生室をインクが吐出しないように収縮させてから膨張させることによりノーマルドットの場合よりもインクのメニスカスを大きく後退させ、その後圧力発生室を収縮させることによりノーマルドットよりも微小のインク滴を吐出させてマイクロドットを生成するものが知られている。

【0004】圧力発生室が形成されるアクチュエータユニットは、記録ヘッド毎に製造時のばらつきが存在するので、従来は圧力発生室を膨張、収縮させるためにアクチュエータユニットの圧電振動子に印加する電圧の大きさを变化させて、吐出されるインク滴重量が一定になるようにヘッド毎に調整を行っていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、マイクロドットを生成する駆動方法においては、インク滴重量が一定になるように印加する電圧の大きさを調整するだけでは、メニスカスの振動の周期であるヘルムホルツ周期  $T_c$  が大きい記録ヘッドの場合は、圧力発生室のコンプライアンスが大きく、圧力変化がなだらかであるためインク滴速度が上がらず飛行曲がりしやすいインク滴の吐出となってしまう。 $T_c$  の小さい記録ヘッドでは、インク滴速度が大きすぎて吐出状態が不安定になる。

【0006】マイクロドットのインク滴重量とインク滴速度を一定にするためには記録ヘッドの  $T_c$  の精度を高くする必要があり、製造コストが高くなる、あるいは製品の歩留りが低くなるという問題があった。

【0007】本発明の目的は、記録ヘッドのヘルムホルツ周期  $T_c$  がばらついてもマイクロドットのインク滴速度とインク滴重量を一定にすることができるインクジェット式記録装置及びその駆動信号の調整方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項 1 に記載のインクジェット式記録装置または請求項 3 に記載の駆動信号調整方法によれば、圧力発生室を膨張させる膨張信号とノズル開口からインク滴を吐出するように圧力発生室を収縮させる収縮信号とを含む駆動信号を圧力発生手段に出力する駆動手段と、膨張信号の継続時間を変更することにより収縮信号で吐出されるインク滴の速度を調整する手段とを備え、膨張信号によってインクのメニスカスが振動する記録ヘッド毎に固有の周期  $T_c$  が大きいほど膨張信号の継続時間を小さくするため、 $T_c$  が大きいヘッドのインク滴速度を大きくし、 $T_c$  が小さいヘッドのインク滴速度を小さくすることができる。

【0009】本発明の請求項 2 に記載のインクジェット式記録装置または請求項 4 に記載の駆動信号調整方法によれば、膨張信号の継続時間は  $T_c$  と  $T_c$  の  $3/4$  との間で設定するため、信号の継続時間の小さな変化で大

きくインク滴速度を調整することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基  
づいて詳細に説明する。

【0011】図2は、情報処理及びヘッド駆動電力の供  
給を行うプリンタ本体（以下本体と記す。）1と、制御  
対象となる記録ヘッド2との関係を説明するブロック図  
である。本体1は、インクを吐出するノズルを決定する  
ためのデータの作成及びタイミングをとるための制御論  
理101と、ヘッドのアクチュエータを駆動するための電  
圧波形を生成し駆動するのに十分な電力を供給する駆  
動回路102と、コネクタ103とを備える。

【0012】記録ヘッド2は、インクを吐出させるため  
の運動エネルギーを発生させる圧電素子からなる複数の  
アクチュエータ211〜213と、そのアクチュエータ  
に本体からの駆動電圧を印加したりしなかったりするた  
めのアナログスイッチ221〜223と、本体1内の制  
御論理からのデータに従い、アクチュエータ211〜2  
13を振動させるかさせないかをアナログスイッチ22  
1〜223のON/OFFにより制御する制御論理20  
1とを備える。記録ヘッド2は、プリンタ機構内のキャ  
リッジ軸上をヘッド走査方向に移動し、ヘッド走査方向  
の位置に応じたデータを本体1より送られ、それにより  
インク滴を吐出し、印刷を行う。本体1と記録ヘッド2  
はフレキシブル・フラット・ケーブル（以下FFCと記  
す。）3で接続されている。

【0013】図3は、記録ヘッド2の機械的構造を示す  
断面図である。第1の蓋部材30は、厚さ6 $\mu$ m程度の  
ジルコニアの薄板から構成され、その表面に一方の極と  
なる共通電極31が形成され、その表面に圧力発生室3  
2に対向するようにPZT等からなる圧電振動子33が  
固定され、さらにその表面にAu等の比較的柔軟な金属  
の層からなる駆動電極34が形成されている。

【0014】ここで、圧電振動子33は第1の蓋部材3  
0とによりたわみ振動型のアクチュエータを形成しており、  
圧電振動子33が充電されると収縮して圧力発生室  
32の体積を縮める変形をし、圧電振動子が放電されると  
伸長して圧力発生室の体積を拡大する方向に変形する  
ようになっている。

【0015】スペーサ35は、圧力発生室32を形成す  
るのに適した厚さ、例えば100 $\mu$ mのジルコニアなど  
のセラミックス板に通孔を設けて構成され、第2の蓋部  
材36と第1の蓋部材30とにより両面を封止されて圧  
力発生室32を形成している。

【0016】第2の蓋部材36は、ジルコニアなどのセ  
ラミックス板にインク供給口37と圧力発生室32とを  
接続する連通孔38と、ノズル開口25と圧力発生室の  
端部とを接続するノズル連通孔39とを設けて構成さ  
れ、スペーサ35の一面に固定されている。

【0017】これら第1の蓋部材30、スペーサ35及

び第2の蓋部材36は、粘土状のセラミックス材料を所  
定の形状に成形し、これを積層して焼成することにより  
接着剤を使用することなくアクチュエータユニット21  
を構成している。

【0018】インク供給口形成基板40は、アクチュエ  
ータユニット21の固定基板を兼ねるとともに、圧力発  
生室32側の一端側にリザーバ41と圧力発生室32と  
を接続するインク供給口37が設けられ、他端側にはノ  
ズル開口25に接続するノズル連通孔42が設けられて  
いる。

【0019】リザーバ形成基板43は、図示しないイン  
クカートリッジからのインク流入を受けるリザーバ41  
と、ノズル開口25と接続するノズル連通孔44を設け  
て構成され、一方の面をノズルプレート45により封止  
されてリザーバ41を形成している。

【0020】これらインク供給口形成基板40、リザー  
バ形成基板43及びノズルプレート45は、各々の間に  
熱溶着フィルムや接着剤等の接着層46、47により固  
定され、流路ユニット22を構成している。

【0021】この流路ユニット22とアクチュエータユ  
ニット21とは、熱溶着フィルムや接着剤などの接着層  
48により固定され記録ヘッド10が構成されている。

【0022】上記の記録ヘッド10の構成により、圧電  
振動子33を放電すると、圧力発生室32が膨張し、圧  
力発生室32内の圧力が低下してリザーバ41から圧力  
発生室内にインクが流入する。圧電振動子33を充電さ  
せると、圧力発生室32が縮小し、圧力発生室32内の  
圧力が上昇して圧力発生室32内のインクがノズル開口  
25から外部に吐出される。

【0023】以上のような構成により印字するときの手  
順を図4と図5を用いて説明する。紙が固定された状態  
で、記録ヘッド2はヘッド走査方向に移動する。そのと  
き、図5のAとBに示すようなパルス列が、図2のFF  
C3を通じて本体1から記録ヘッド2に送られる。Aは  
微小のインク滴を吐出させてマイクロドットを生成させ  
る駆動パルスであり、Bはマイクロドットよりも大きい  
ノーマルドットを生成させる駆動パルスである。Aまた  
はBのいずれかの駆動パルスと同期してアナログスイ  
ッチ221〜223の開閉を規定するデータも本体1から  
記録ヘッド2に送られており、特定のパルスに対して、  
アナログスイッチ221〜223のうちで閉じられたも  
のに接続しているアクチュエータのみが変位する。駆動  
されたアクチュエータに対応する圧力発生室内のインク  
圧力が高められる結果、図4のノズル251〜253の  
うち、これに対応するノズルのみからインクが吐出され  
る。

【0024】図5のAに示すマイクロドットの駆動パ  
ルスは、その電圧値が中間電位 $V_{mM}$ からスタートし（1  
11）、最大電位 $V_{PM}$ まで所定の時間 $T_{wc0}$ の間に  
一定の勾配で上昇し（112）、最大電位 $V_{PM}$ を所定

10

20

30

40

50

時間 $T_{wh0}$ だけ維持する(113)。次に、マイクロドット駆動パルスは第1の最低電位 $V_{LS}$ まで所定の時間 $T_{wd1}$ の間に一定の勾配で下降し(114)、最低電位 $V_{LS}$ を所定時間 $T_{wh1}$ だけ維持する(115)。そしてマイクロドット駆動パルスの電圧値は最大電位 $V_{PM}$ まで所定の時間 $T_{wc1}$ の間に一定の勾配で再び上昇し(116)、最大電位 $V_{PM}$ を所定時間 $T_{wh2}$ だけ維持する(117)。その後、マイクロドット駆動パルスは中間電位 $V_{mM}$ まで所定の時間 $T_{wd2}$ の間に一定の勾配で下降する(118)。

【0025】ここで、充電パルス112が圧電振動子33に印加されると、図3の圧電振動子33は圧力発生室32の容積を収縮させる方向にたわみ、圧力発生室32内に正圧を発生させる。その結果、メニスカスはノズル開口から盛り上がる。充電パルス112の電位差が大きく、電圧勾配が大きい場合には、充電パルス112によってインク滴を吐出することも可能であるが、本実施例においては充電パルス112によってインク滴を吐出しない範囲に充電パルス112の電位差を設定している。本実施例においては更に、充電パルス112の充電時間 $T_{wc0}$ は、メニスカスヘルムホルツ周期 $T_c$ の振動を奮起しないように $T_c$ 以上に設定されている。

【0026】充電パルス112で盛り上がったメニスカスは、ホールドパルス113が印加されている間に、インクの表面張力により周期 $T_m$ の振動でノズル開口25内へ戻る動きに転ずる。

【0027】放電パルス114を印加すると圧電振動子33は圧力発生室32の容積を膨張させる方向にたわみ、圧力発生室32内に負圧が生じる。その結果、メニスカスのノズル開口25の内部に向かう動きが重畳されて、メニスカスはノズル開口25の内部に大きく引き込まれる。このように、メニスカスがノズル開口25の内部に向かうタイミングで放電パルスを印加することで、比較的小さな放電パルス114の電位差でもメニスカスをノズル開口25の内部に大きく引き込むことができる。

【0028】充電パルス116が印加されると圧力発生室32に正圧が発生してメニスカスがノズル開口25から盛り上がる。このとき、メニスカスがノズル開口25の内部に大きく引き込まれた状態で、正圧方向の圧力変化が発生するため、吐出されるインク滴は微小なインク滴となり、マイクロドットを生成する。

【0029】放電パルス118は、放電パルス114と充電パルス116で励起されたメニスカスの $T_c$ 振動を抑えるための放電パルスであり、 $T_c$ 振動がノズル開口25の出口に向かうタイミングでメニスカスをノズル開口25の内部へと向かわせる放電パルス118を印加する。

【0030】図5のBに示すノーマルドットの駆動パルスは、中間電位 $V_{mN}$ からスタートし(120)、第2

の最低電位 $V_{LL}$ まで一定の勾配で下降し(121)、最低電位 $V_{LL}$ を所定時間だけ維持する(122)。そして、ノーマルドット駆動パルスの電圧値は最大電位 $V_{PN}$ まで一定の勾配で上昇し(123)、最大電位 $V_{PN}$ を所定時間だけ維持する(124)。その後、ノーマルドット駆動パルスは中間電位 $V_{mN}$ まで一定の勾配で下降する。

【0031】放電パルス121を印加すると、圧力発生室内に負圧が生じてメニスカスはノズル開口25の内部に引き込まれる。ここで、放電パルス121の電位差を、マイクロドット駆動パルスの放電パルス114の電位差よりも小さく設定することで、マイクロドット駆動パルスに比べてメニスカスがノズル開口25の内部に大きく引き込まれることはない。

【0032】充電パルス123が印加されると圧力発生室32に正圧が発生してメニスカスがノズル開口25から盛り上がる。このとき、メニスカスがノズル開口25の内部にそれほど引き込まれない状態で正圧方向の圧力変化が発生するため、吐出されるインク滴はマイクロドットに比べて大きなインク滴となる。

【0033】放電パルス125は、放電パルス121と充電パルス123で励起されたメニスカスの $T_c$ 振動を抑えるための放電パルスであり、 $T_c$ 振動がノズル開口25の出口に向かうタイミングでメニスカスをノズル開口25の内部へと向かわせる放電パルス125を印加する。

【0034】記録ヘッド2がヘッド走査方向の一端から他端に移動し終わると、紙送り方向にノズル251～253の距離分だけ紙送りを行う。このようにして、プリンタの分解能によって規定される紙面上の任意の点にインクの吐出・非吐出を、記録媒体である紙の先端からの移動量、ヘッドの走査方向の位置すなわち吐出するパルスのタイミング及びノズル251～253を指定することによって定めることができる。

【0035】ところで、前述の記録ヘッド2において、圧力発生室32のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを $C_i$ 、また圧力発生室32を形成している第1の蓋部材30、圧電振動子33等の材料による剛性コンプライアンスを $C_v$ 、ノズル開口25のイナータンスを $M_n$ 、インク供給口37のイナータンスを $M_s$ とすると、圧力発生室32のヘルムホルツ共振周波数 $F$ は次式で示される。

$$【0036】 F = 1 / (2\pi) \times \sqrt{\{(M_n + M_s) / (M_n \times M_s) / (C_i + C_v)\}}$$

また、メニスカスのコンプライアンスを $C_n$ とすると、インク流路の粘性抵抗を無視できる場合には、メニスカスの固有振動周期 $T_m$ は次式で示される。

$$【0037】 T_m = 2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_s) C_n\}}$$

また、圧力発生室32の体積を $V$ 、インクの密度を $\rho$ 、インク中での音速を $c$ とすると、流体コンプライアンス

$C_i$ は次式で示される。

$$[0038] \quad C_i = V / \rho c^2$$

さらに、圧力発生室32の剛性コンプライアンス $C_v$ は、圧力発生室32に単位圧力を印加したときの圧力発生室32の静的な変形率に一致する。

[0039] 圧電振動子33の収縮、伸長によりメニスカスに励起される振動の周期 $T_c$ は、ヘルムホルツ共振周波数 $F$ の逆数で得られる周期と同一である。具体例を挙げると、流体コンプライアンス $C_i$ が $1 \times 10^{-20} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、剛性コンプライアンス $C_v$ が $1.5 \times 10^{-20} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、イナータンス $M_n$ が $2 \times 10^8 \text{ kg m}^{-4}$ 、イナータンス $M_s$ が $1 \times 10^8 \text{ kg m}^{-4}$ のときのヘルムホルツ共振周波数 $F$ は $125 \text{ kHz}$ であり、ヘルムホルツ周期 $T_c$ は $8 \mu\text{s}$ となる。

[0040] ヘルムホルツ周期 $T_c$ は、実験室レベルでは直接測定することができるが、量産レベルで直接測定することは時間がかかるため困難である。そこで、圧力発生室32にインクが入っていない状態でインピーダンスアナライザによって素子の共振周波数を測定する。インクが入っていない状態の共振周波数とヘルムホルツ周期 $T_c$ との間には図6に示すように比例関係があるため、共振周波数の測定値から $T_c$ を計算することができる。

[0041] 記録ヘッドの製造工程において、圧力発生室32を形成している第1の蓋部材30、圧電振動子33等の材料による剛性コンプライアンス $C_v$ 等の値には、ばらつきが生じる。そのため、ヘルムホルツ周期 $T_c$ もヘッド毎にばらつく。

[0042] 記録ヘッドのノズルから吐出されるインク滴の重量を各ヘッドで一定にするためには、一般にヘッド圧電振動子に印加する電圧の大きさを変化させて、吐出されるインク滴重量が一定になるようにヘッド毎に調整を行っている。具体的には2点の違った電圧でインク滴を吐出させ、それぞれの吐出されたインク滴重量を測定し、インク滴重量の変化量が電圧の変化量に比例するものとして適切なインク滴重量になるように電圧を調整する。

[0043] しかし、マイクロドットを吐出させるときは、インク滴重量が一定になるように印加する電圧の大きさを調整するだけでは、ヘルムホルツ周期 $T_c$ が大きい記録ヘッドの場合は、圧力発生室のコンプライアンスが大きく、圧力変化がなだらかであるためインク滴速度が上がらず飛行曲がりしやすいインク滴の吐出となってしまう。 $T_c$ の小さい記録ヘッドでは、インク滴速度が大きすぎて吐出状態が不安定になる。

[0044] 本実施例においては、マイクロドット駆動パルスの放電パルス114の継続時間 $T_{wd1}$ をヘルムホルツ周期 $T_c$ に応じて変更することにより、インク滴の吐出速度を調整する。その原理を以下に説明する。

[0045] 図7は、ヘルムホルツ周期 $T_c$ が $8.0 \mu\text{s}$ の記録ヘッドにおいて、 $T_{wd1} = 4.0 \mu\text{s}$ 、 $T_{wd1} = 6.0 \mu\text{s}$ 、 $T_{wd1} = 8.0 \mu\text{s}$ の3つの条件で放電パルスを圧電振動子に送り、そのまま電圧を保持したときのインクのメニスカスの振動の様子を示す図である。

[0046] これらの記録ヘッドを用いてマイクロドットを吐出させる場合、 $T_{wh1}$ を $2.0 \mu\text{s}$ とすると、 $T_{wd1} = 4.0 \mu\text{s}$ のときには、図7のXで示すポイントで圧力発生室を収縮させる充電パルス116が開始される。ここでは引き込み量は最大となるが、ノズルの吐出方向に向かう速度は0となるため、インク滴速度は最大とはならない。

[0047]  $T_{wd1} = 6.0 \mu\text{s}$ のとき、すなわち $T_{wd1}$ が $T_c$ の $3/4$ のときには、図7のYで示すポイントで圧力発生室を収縮させる充電パルス116が開始される。ここでは、振動のノズルの吐出方向に向かう速度が最大となり、このポイントで充電パルス116が開始されることによる重畳効果で、インク滴重量に対するインク滴速度は最大となる。

[0048]  $T_{wd1} = 8.0 \mu\text{s}$ のとき、すなわち $T_{wd1}$ と $T_c$ が等しい場合には、図7のZで示すポイントで圧力発生室を収縮させる充電パルス116が開始される。ここでは、メニスカスの引き込み量が小さくなり、インク滴速度は遅くなる。 $T_{wd1}$ が $T_c$ よりも大きい場合には、メニスカスの引き込み量がさらに小さくなるので、メニスカスを大きく後退させて小さいインク滴を大きな速度で吐出させるというマイクロドットの打ち方ができなくなる。

[0049] 上記のような理由から、 $T_{wd1}$ を変更したときのインク滴重量に対するインク滴速度の比は、図8に示すように $T_{wd1}$ が $T_c$ の $3/4$ のときに最大となる。 $T_{wd1}$ が $T_c$ の $3/4$ から $T_c$ の間では、ほぼ一定の勾配で $T_{wd1}$ が大きいほどインク滴速度は小さくなる。 $T_{wd1}$ が $T_c$ より大きくなると、インク滴速度は $T_{wd1}$ に依らずほぼ一定となる。したがって、 $T_{wd1}$ の長さを変更してインク滴速度を調整しようとする場合、 $T_{wd1}$ を $T_c$ の $3/4$ から $T_c$ の間で変更すると小さな $T_{wd1}$ の変更でインク滴速度を大きくすることができる。また、 $T_{wd1}$ の最大値を $T_c$ 、最小値を $T_c$ の $3/4$ とすることにより、インク滴速度の調整幅を大きくすることができる。

[0050] ここでは一例として、表1に示すように、記録ヘッドのアクチュエータ素子の共振周波数を抜き取り測定した測定値 $f$ のばらつきの範囲が $f \pm 1.5$ であり、そのときの $T_c$ のばらつきの範囲が $6.9 \mu\text{s}$ から $8.1 \mu\text{s}$ の間である場合を考える。

[0051]

[表1]

ランク	アクチュエータ素子 共振周波数 (MHz)	ヘルムホルツ周期	Twd1 ( $\mu$ s)
A	$f_0 - 1.5 \leq f < f_0 - 1.0$	$8.1 \geq T_c > 7.9$	6.0
B	$f_0 - 1.0 \leq f < f_0 - 0.5$	$7.9 \geq T_c > 7.7$	6.2
C	$f_0 - 0.5 \leq f < f_0$	$7.7 \geq T_c > 7.5$	6.4
D	$f_0 \leq f < f_0 + 0.5$	$7.5 \geq T_c > 7.3$	6.6
E	$f_0 + 0.5 \leq f < f_0 + 1.0$	$7.3 \geq T_c > 7.1$	6.8
F	$f_0 + 1.0 \leq f < f_0 + 1.5$	$7.1 \geq T_c > 6.9$	7.0

【0052】表1に示すように、共振周波数の測定値  $f$  の値によって記録ヘッドをA、B、C、D、E、Fとランク分けし、ヘルムホルツ周期  $T_c$  の値を予想して記録ヘッドの  $Twd1$  を決定する。

【0053】ここで、 $Twd1$  はヘルムホルツ周期  $T_c$  が大きいほど  $Twd1$  が小さくなるように、かつ  $T_c$  が最も大きいランクAにおいては  $T_c$  の  $3/4$  になり、 $T_c$  が最も小さいランクFにおいては  $T_c$  とほぼ等しくなるように決定している。

【0054】図1は本実施例の効果を概念的に示す図である。 $T_c = 7.0 \mu s$  の記録ヘッド、 $T_c = 8.0 \mu s$  の記録ヘッドにおいて、 $Twd1$  を例えば  $6.5 \mu s$  に固定してインク滴重量が一定になるように電圧を調整すると、インク滴速度に大きな差  $d_0$  が生じる。

【0055】本実施例によれば、 $T_c = 8.0 \mu s$  の記録ヘッドでは  $Twd1$  を  $T_c$  の  $3/4$  である  $6.0 \mu s$  に調整し、 $T_c = 7.0 \mu s$  の記録ヘッドでは  $Twd1$  を  $T_c$  に等しい  $7.0 \mu s$  に調整する。これにより、 $T_c = 8.0 \mu s$  の記録ヘッドはインク滴の速度が大きくなり、 $T_c = 7.0 \mu s$  の記録ヘッドはインク滴の速度が小さくなる。

【0056】その後、各ヘッドから吐出されるインク滴重量が一定になるように、従来より行われている方法により、2点の違った電圧でインク滴を吐出させ、それぞれの吐出されたインク滴重量を測定し、インク滴重量が電圧に対して線形的に変化するものとみなして適切なインク滴重量になるように電圧を調整する。

【0057】このようにして、 $T_c$  にばらつきがある複数の記録ヘッドにおいて、インク滴重量を一定にしたときの記録ヘッド毎のインク滴の速度の差は図1に  $d_1$  と示すように小さくすることができる。

【0058】以下に、本実施例において図5のAに示す放電パルス114の継続時間  $Twd1$  を変更する方法について説明する。一般に、図9のような構成を用いることによって、図10に示すような波形を生成することができる。図9の回路では駆動波形生成用の電源電圧である  $V_k$  に振幅がほぼ等しい波形を作り、 $V_k$  のみを変更す

ることによって振幅を変更する。

【0059】400は波形生成装置であり、駆動波形の元になる波形を生成する。波形生成装置400は例えば図10のように  $V_k/2$  を中心とした振幅  $V_k/3$  の波形を生成する。オペアンプ301の非反転端子に波形生成装置400の出力が接続されており、波形生成装置400の出力を  $V_k/2$  を中心にして3倍の非反転電圧増幅をしてトランジスタ302、303のベースに出力する。トランジスタ302、303はオペアンプ301により生成された電圧を電流増幅するためにプッシュプル接続をしたトランジスタであり、駆動波形が立ち上がる場合はトランジスタ302が負荷に応じた電流を流し、駆動波形が立ち下がる場合はトランジスタ303が電流を吸い込む。

【0060】これらの抵抗が形成する回路を図11に示す。ここで抵抗304と抵抗305は同じ大きさとし、各抵抗値を  $R304$ 、 $R305$ 、 $R306$ 、 $R307$  とすれば、図11の回路は図12の回路と等価になる。よって、 $R307 = 2 \times (R304/2 + R306)$  とすれば、駆動波形は、 $V_k/2$  を中心として、波形生成装置400の出力を3倍した波形となり、図10に示すようになる。

【0061】波形生成装置400は例えば図13に示すようなデジタル・アナログ・コンバータ(DAC)である。ここで、401、402、403は抵抗ですべて同じ抵抗値をもち、 $V_k$  を3等分に分圧する。404、405はボルテージフォロワ接続されたオペアンプで、抵抗401、402、403により分圧された電位を出力する。抵抗411、412、…、414は等しい抵抗値をもつ抵抗である。421、422、…、424はスイッチであり、制御信号によりそれらのいずれか一つがONになり、抵抗411、412、…、414により分圧された電圧のいずれかをオペアンプ431の非反転端子に出力する。オペアンプ431はボルテージフォロワであり、スイッチ421、422、…、424のいずれかにより発生された電圧をDACの出力とし、動的に閉じるスイッチを変化させて出力波形を得る。

20

30

40

50

【0062】 以上のようなDACによる波形生成装置400の構成にあっては、任意の $V_k$ に対し、図13のスイッチ421が閉じた時に、最大の駆動電位である $V_k$ が、スイッチ424を閉じたときに最小の駆動電位であるGNDが駆動波出力として出力される。

【0063】 図5のAのような駆動波形において、放電パルス114の立ち下りの傾斜を変化させたい場合にも、時間ステップに対するスイッチ421、422、…、424のスイッチングのタイミングを変えることにより、任意の立ち下りの傾斜をもった出力波形が波形生成装置400から得られる。このようにして、マイクロドット駆動パルスの放電パルス114の継続時間 $T_{wd1}$ を変更することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明実施例の効果を概念的に示す図である。

【図2】 本発明実施例におけるプリンタ本体と記録ヘッドとの関係を示すブロック図である。

【図3】 本発明実施例における記録ヘッドの機械的構造を示す断面図である。

【図4】 本発明実施例において記録ヘッドにより印刷する行程を説明する模式図である。

【図5】 Aは本発明実施例におけるマイクロドットの駆動波形であり、Bは本発明実施例におけるノーマルドットの駆動波形である。

【図6】 本発明実施例における記録ヘッドのアクチュエータの共振周波数と、ヘルムホルツ周期の関係を示す図である。

【図7】 本発明実施例において $T_{wd1}$ を変更したとき

のインクのメニスカスの振動の様子を示す図である。

【図8】 本発明実施例において $T_{wd1}$ とインク滴重量に対するインク滴速度の比との関係を示す図である。

【図9】 本発明実施例の駆動波形を出力する回路を示す回路図である。

【図10】 図9の回路により出力される波形の一例を示す図である。

【図11】 図9の回路のうち抵抗が形成する回路を示す回路図である。

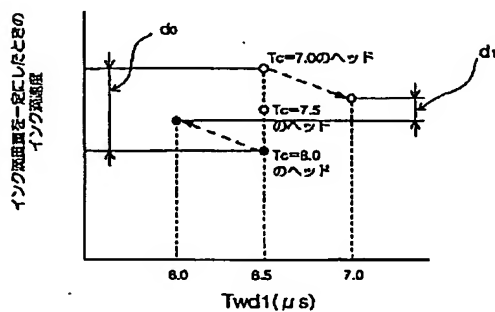
10 【図12】 本発明実施例において図11の回路と等価になる回路を示す回路図である。

【図13】 本発明実施例における波形生成装置を示す回路図である。

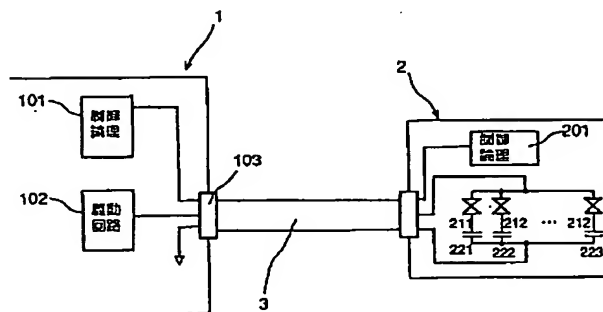
【符号の説明】

- |     |                  |
|-----|------------------|
| 1   | プリンタ本体           |
| 2   | 記録ヘッド            |
| 3   | フレキシブル・フラット・ケーブル |
| 10  | 記録ヘッド            |
| 21  | アクチュエータユニット      |
| 22  | 流路ユニット           |
| 25  | ノズル開口            |
| 32  | 圧力発生室            |
| 33  | 圧電振動子（圧力発生手段）    |
| 112 | 充電パルス            |
| 114 | 放電パルス（収縮信号）      |
| 116 | 充電パルス（膨張信号）      |
| 118 | 放電パルス            |

【図1】



【図2】

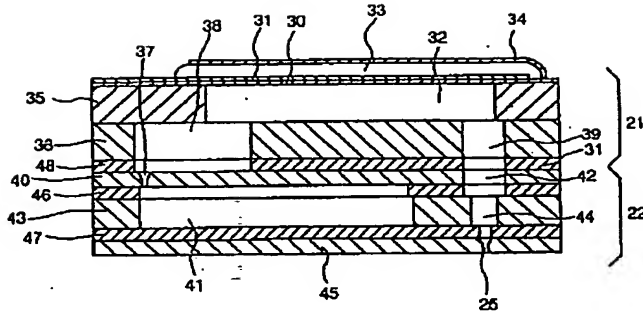


【図12】

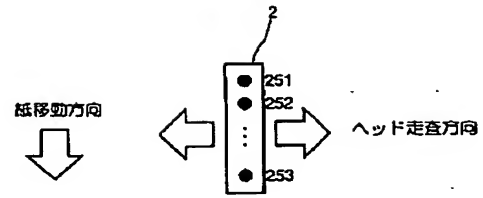




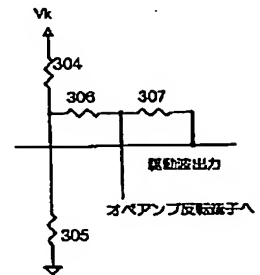
【図3】



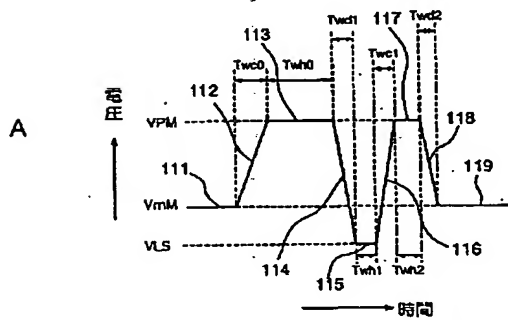
【図4】



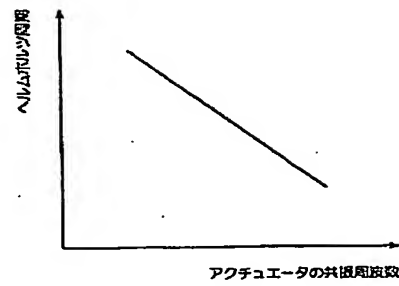
【図11】



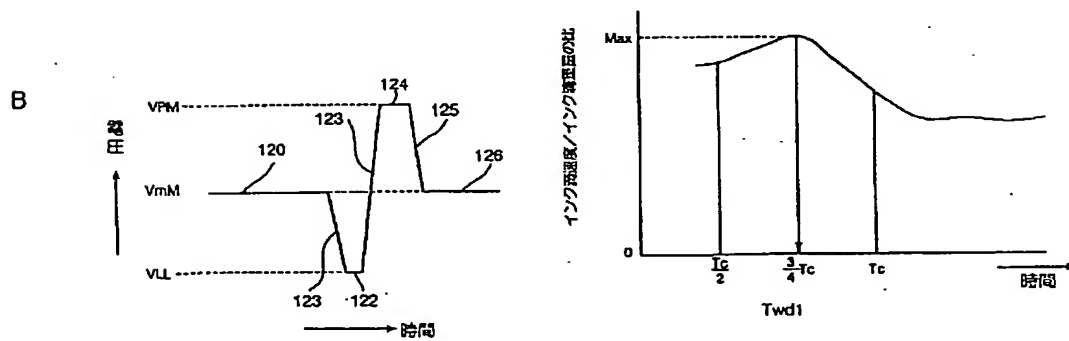
【図5】



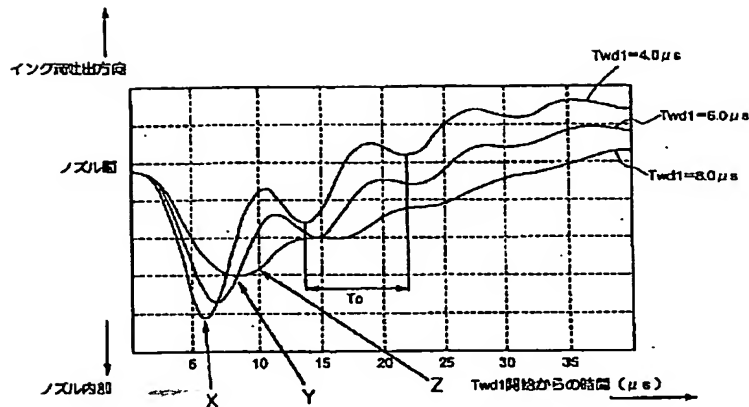
【図6】



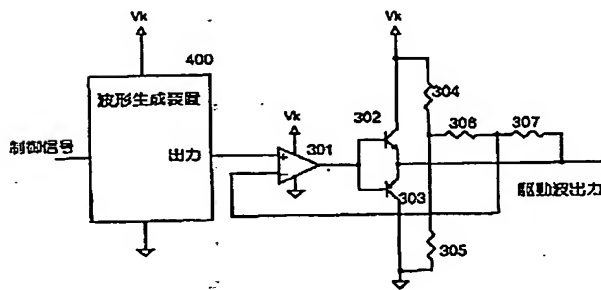
【図8】



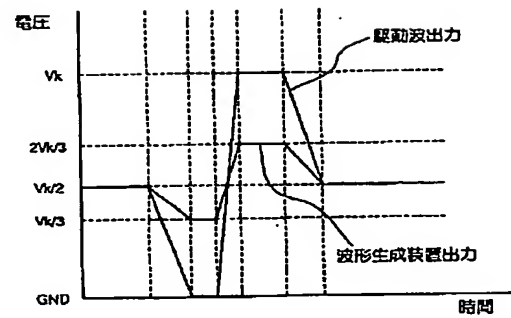
【図7】



【図9】



【図10】



【図13】

